

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»**

Інженерно-технічний факультет

Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін

ДИПЛОМНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

**«Обґрунтування конструктивно-технологічних
параметрів шнекового розподільувача зерна для
рівномірного завантаження ємностей»**

Виконав(ла):

здобувач освітнього ступеня «Магістр»
освітньо-професійної програми
«Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання
ГОЛОВАТЮК Роман Олександрович

Керівник:

канд. тех. наук, доцент
ПІДЛІСНИЙ Віталій Володимирович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____
Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

«_____» _____ 20__ р.

Допускається до захисту:

«_____» _____ 20__ р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»

(підпис) ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович

З М І С Т

	Стор.
ЗАВДАННЯ	4
АНОТАЦІЯ	5
РЕФЕРАТ	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І ПЕРСПЕКТИВНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ...	11
1.1. Аналіз технологій зберігання зерна	11
1.2. Фізичні властивості зернової маси	13
1.3. Аналіз основних типів сховищ для зберігання зерна	14
1.4. Аналіз способів та засобів для завантаження ємностей	22
1.5. Обґрунтування теми дипломної роботи	31
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗПОДІЛЮВАЧА ЗЕРНА ДЛЯ ЗАПОВНЕННЯ ЄМНОСТЕЙ	34
2.1. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми розподільювача зерна при заповненні ємностей	34
2.2. Обґрунтування параметрів вивантажувального отвору	35
2.3. Обґрунтування частоти обертання шнека розподільника зерна ..	40
2.4. Обґрунтування ширини вивантажувального отвору	41
2.5. Обґрунтування ефективності заповнення ємностей шнековим розподільником зерна	43
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕЗЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	48
3.1. Програма експериментальних досліджень	48
3.2. Методика експериментальних досліджень	49

3.3. Опис експериментальної установки шнекового розподільника зерна	50
РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ АНАЛІЗ	55
4.1. Дослідження технологічних властивостей зерна	55
4.2. Дослідження впливу розміру вивантажувального отвору на рівномірність розподілу зерна	57
4.3. Вплив швидкості обертання і продуктивності шнека на рівномірність розподілу зерна	61
4.4. Дослідження впливу швидкості руху зерна в шнековому кожусі на рівномірність розподілу зерна в ємності	62
4.5. Обґрунтування рівномірність розподілу зерна по завантажувальній ємності	64
4.6. Дослідження впливу розмірів завантажувальної ємності та продуктивності на конструктивно-технологічні параметри шнекового розподілювача зерна	65
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
5.1. Правила безпечної експлуатації ємностей для зберігання зерна . .	69
5.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт у складських приміщеннях	70
5.3. Аналіз пожежної безпеки на об'єктах зберігання зерна	74
5.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах зберігання зерна .	75
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Актуальність теми. Зберігання зерна – це доволі складний технологічний процес, який включає в себе комплекс заходів з приймання, доробки, зберігання та відвантаження. Отже, під процесом зберігання зерна розуміють технологічний цикл від передачі зерна на тік (елеватор) і до його використання за господарським призначенням (реалізація, переробка тощо).

Забезпечити незмінність кількісних і якісних показників зерна при тривалому зберіганні можливо лише у спеціально пристосованих для цього зерносховищах.

Технологічні процеси, пов'язані з використанням зерносховищ (завантаження, вивантаження, доробка) повинні бути повністю автоматизовані та механізовані із використанням як стаціонарних, так і пересувних агрегатів, і з максимальним застосуванням принципу самопливу зерна.

І це є відчутною проблемою, пов'язаною з технічною та технологічною недосконалістю процесу завантаження силосів, оскільки після вивантаження такого зерна у перших кількох машинах спостерігається значне перевищення рівня засміченості та вмісту дробленого зерна, що природно знижує його якість та сортність, а отже, й вартість. Тому для досягнення показників чистоти зерна, що відповідають визначеним вимогам щодо допустимого рівня засміченості, господарникам доводиться застосовувати деякі виробничі «хитрощі»: переміщувати зерно із силоса в силос, вивантажувати його в окрему силосну ємність, змішувати із зерном, що відвантажується пізніше, і вдаватися до низки інших заходів, які до зазначеної вище проблеми додають ще й небажані додаткові витрати ресурсів.

Тому тема даної роботи обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів шнекового розподільовача зерна для рівномірного завантаження ємностей є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами досліджень. Робота виконувалась у відповідності з Державною науковою програмою “Новітні технології та ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та

агропромислового комплексу” на 2020-2025 рр. Відповідає напрямкам наукових досліджень кафедри технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін інженерно-технічного факультету.

Мета і завдання досліджень. Мета дослідження полягає в дослідженні конструктивно-технологічних параметрів процесу рівномірного завантаження ємностей різних форм .

Для досягнення поставленої мети необхідно розв’язати такі **завдання**:

1. Провести аналіз технічних засобів і перспективних напрямків розвитку технологій зберігання зерна, основних типів сховищ та огляду технічних рішень з питань завантаження зернових матеріалів.

2. Обґрунтувати конструктивно-технологічних параметрів розподільвача зерна для рівномірного заповнення ємностей різних форм.

3. Провести дослідження процесу завантаження ємностей різних форм зерновою масою і встановити залежність ширини висипного отвори від конструктивно-технологічних параметрів шнекового розподільника зерна, та опрацювати їх результати;

4. Обґрунтувати правила безпечної експлуатації ємностей для зберігання зерна та вимоги безпеки під час виконання робіт у складських приміщеннях при зберіганні зерна і безпеки в надзвичайних ситуаціях

Об’єкт досліджень. Є шнековий конвеєр для завантаження зерна.

Предмет досліджень. Є закономірності впливу параметрів шнекового розподільника на рівномірність завантаження зерна в ємності різних форм.

Методи досліджень. Програми та методика проведення досліджень передбачає визначення та використання рівнянь масо переносу та теплообміну для моделювання фізичних процесів в рекуператорах. На основі експериментальних досліджень та моделювання, створення моделі апарата для перебігу фізичних процесів. Розробка системи керування фізичними процесами в рекуператорах.

Практичне значення отриманих результатів – полягає в тому, що дана робота, поєднує три методи дослідження: створення теоретичної моделі фізичних процесів теплообміну в рекуператорі; моделювання та керування процесом; експериментальне дослідження.

Отримані результати можуть бути використані в навчальному процесі з для здобувачів вищої освіти спеціальностей: 208 “Агроінженерія”, 181 «Харчові технології» Закладу вищої освіти «Подільський державний університет».

Апробація результатів роботи. Основні положення роботи доповідалися й обговорювалися на науково-практичних конференціях ЗВО «Подільський державний університет» у 2022-2023р.

Публікації. Основний зміст роботи опубліковано в 1 друкованій публікації: Головатюк Р.О., Підлісний В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів шнекового транспортера-розподільника зерна для завантаження ємкостей // Перші наукові кроки – 2024: збірник наукових праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (18 квітня 2024 р., м. Кам’янець-Подільський). – Кам’янець-Подільський, 2024. – 42 с.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В даній роботі вирішено актуальне завдання - обґрунтовані конструктивно-технологічні параметри шнекового розподільника зерна для рівномірного завантаження ємностей, що запобігає виникненню небажаних явищ у товщині зерна, таких як: утворення зон надмірної засміченості, злежування і самозігрівання. Тож застосування таких розподілювачів зерна в рази зменшує витрати завдяки економії електроенергії на вентиляцію ємностей різних форм. На підставі результатів виконаних досліджень нами зроблені наступні висновки:

1. На основі проведеного аналізу основних типів сховищ та огляду технічних рішень з питань завантаження зернових матеріалів дозволило нам вибрати напрямок для досліджень: рівномірне завантаження розосередженим потоком прямокутних ємностей з горизонтально розташованим дном і з дном, що має кут нахилу до горизонту дорівнює куту природного укосу завантажуються сипучого матеріалу.

2. Обґрунтовано конструктивно-технологічні параметри шнекового розподілювача зерна для рівномірного заповнення ємностей різних форм визначено форму і отримана залежність ширини вивантажувального отвору по його довжині. Встановлено, що мінімальна ширина вивантажувального отвору повинна складати не менше 9 мм.

3. Проведені дослідження процесу завантаження ємностей різних форм зерновою масою дозволили встановити наступні конструктивно-технологічні параметри: довжина вивантажувального отвору розподілювача зерна повинна бути рівною подвоєному значенню величини кроку шнека; величину оптимальних значень швидкості обертання і продуктивності шнека: при $n = 309 \text{ хв}^{-1}$, $Q = 3,5 \text{ т/год}$; при $n = 364 \text{ хв}^{-1}$, $Q = 4,1 \text{ т/год}$ кінця при частоті обертання шнека 309 хв^{-1} - 130 мм; при 364 хв^{-1} - 156 мм. В результаті, відхилення від рівномірного розподілу зерна уздовж висипного отвору не перевищує 5% від середніх величин; залежність діаметра шнека від довжини шнека при оптимальній частоті обертання шнека рівній 309 хв^{-1} : при довжині шнека 3; 5;

7; 11 м діаметр шнека відповідно дорівнює 200; 250; 315; 400 мм. При цьому крок шнека дорівнює його діаметру.

4. Обґрунтовано правила безпечної експлуатації ємностей для зберігання зерна розроблено ряд вимог безпеки під час виконання робіт у складських приміщеннях при зберіганні зерна. Виконано аналіз пожежної небезпеки на об'єктах при зберіганні зерна та приведена безпека в надзвичайних ситуаціях на об'єктах зберігання зерна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вікович І. А. Транспортні навантажувально-розвантажувальні засоби. Підручник. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. 678 с.
2. Визначення теплотехнічних параметрів кондиціонування повітря / О. А. Білик, В. В. Підлісний, А. А. Палаш, О. М. Семенов [та ін.] // Зберігання і переробка зерна. 2012. № 9 (159). С. 43-45.
3. В.М. Федорів, В.В. Підлісний, О.М. Семенов, О.О. Єрменчук Обґрунтування впливу інтенсифікації процесу просіювання на адгезійні властивості сипких матеріалів // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. № 29. Львів : 2022. С.70-76. Фахове видання. DOI: 10.36477/2522-1221-2022-29.
4. Головатюк Р.О., Підлісний В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів шнекового транспортера-розподільника зерна для завантаження ємкостей // Перші наукові кроки – 2024: збірник наукових праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців (18 квітня 2024 р., м. Кам'янець-Подільський): Кам'янець-Подільський: 2024. 42 с.
5. Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання. Навчальний посібник / В. О. Малащенко [та ін.]. Рівне : НУВГП, 2017. 346 с.
6. Експлуатація та обслуговування обладнання переробних і харчових виробництв / Богомолів О.В., Гурський П.В., Денисенко С.А. та ін. Навчальний посібник. Харків: «Міськдрук», 2014. 254 с.
7. Елеваторна і зернопереробна галузі: Ефективні технології та якість : монографія / за ред. Г. М. Станкевича, Д. О. Жигунова, М. Р. Мардар. Одеса : Одес. міськ. друк., 2018. 224 с.
8. Кармелюк Г. І. Теорія ймовірностей та математична статистика: посібник з розв'язування задач. / Г. І. Кармелюк Київ : Центр учбової літератури, 2017. 576с.
9. Кирпа, М. Я. Зберігання зерна в металевих сховищах / М. Я. Кирпа // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. Екологія,

рослинництво, землеробство: науково-теоретичний, науково-практичний журнал: 2008: № 1. С. 23–26.

10. Козловський В. О. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах / В. О. Козловський, Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2013. 75с.

11. Козяр Н.М. Особливості вибухів та вибухопригнічення пило повітряних сумішей. *Пожезна безпека*. 2018. № 29. С. 57-65.

12. Любін М. В., Гунько І. В. Конвеєри з гнучким тяговим елементом: навч. посіб; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, ВНАУ. Київ: Хай-Тек Прес, 2012. 269 с.

13. Любін М. В. Механізація транспортуючих робіт. Частина 2. Транспортуючі машини без тягового органу: Навчальний посібник / М. В. Любін : Вінниця: РВВ ВНАУ, 2010. 228 с.

14. Марценюк О. С., Мельник Л. М. Процеси і апарати харчових виробництв : підручник. Київ : 2011. 407 с.

15. Мирончук В. Г., Люлька Д. М., Єщенко О. А., Свідерська О. І. Монтаж та технічний сервіс обладнання / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська. Практикум: навч. посіб. / За ред. В. Г. Мирончука. Київ : НУХТ, 2017. 162 с.

16. Методичні рекомендації до виконання та оформлення дипломних робіт для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» / Ю. І. Панцир, А. В. Рудь, В. І. Дуганець, В. І. Дуганець, С. П. Комарніцький. За ред. В. І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2023. 51 с.

17. Обладнання складів. Зберігання зерна і зернопродуктів : навч. посібник / В. Ф. Ялпачик, Н. П. Загорко, О. Г. Скляр, С. В. Кюрчев, С. Ф. Буденко, В. О. Верхованцева, Н. О. Паляничка, Л. М. Кюрчева, В. Г. Циб; Таврійський державний агротехнологічний університет. Мелітополь : Вид. будинок Мелітоп. міськ. друк., 2018. 293 с.

18. Обладнання харчових та переробних виробництв: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс]: наук.-допом.

бібліогр. покажч. / Нац. ун-т харч. технол., Наук.- техн. б-ка. Київ: 2020. 247 с.

19. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в дипломному проектуванні переробних і харчових виробництв / Богомолів О. В., Гурський П. В., Денисенко С. А., Токолов Ю. І., Шерстюк В. С., Маніло В. Л. ХНТУСГ. Харків: 2013. 185 с.

20. Паладійчук Ю. Б., Кашпрук Ю. М. Технологічність конструкції гвинтових конвеєрів завантажувачів. Всеукраїнський науково-технічний журнал. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. №2 (90). 2015. С. 104–107.

21. Підйомно-транспортні машини. Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник для підготовки фахівців із напрямку 6.100202 «Процеси машини та обладнання агропромислового виробництва» // І.М. Бендера, О.Я. Стрельчук, В.В. Підлісний та ін. / За редакцією: І.М. Бендери та О.Я. Стрельчука, Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин Я.І., 2014. 368 с.

22. Підлісний В. В., Інструктивно-методичні матеріали до лабораторно-практичних занять з дисципліни «Підйомно-транспортні машини» за розділом: «Вантажопідйомні машини» / для здобувачів першого бакалаврського рівня спеціальності 208 “Агроінженерія” / В. В. Підлісний, О. М. Семенов, Кам'янець- Подільський:, 2024. 88с.

23. Проектування транспортуючих машин. Навчальний посібник / В. Ф. Рідний [та ін.]. Харків : Міськдрук, 2015. 415 с.

24. Практикум з дисципліни «Деталі машин і підйомно-транспортне обладнання». 2-ге видання. Навчальний посібник: Львів: «Новий Світ-2000», 2024. 227 с.

25. Поперечний, А. М. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв : підручник / А. М. Поперечний, В. О. Потапов, В. Г. Корнійчук ; Донецький національний університет економіки і торгівлі, Харківського державного університету харчування і торгівлі. Київ : ЦУЛ, 2012. 312 с.

26. Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум : навч. посібник. / О. І. Черевко та ін. ; Харків : Світ Книг, 2013. 168 с.

27. Рогатинський Р.М., Гевко І.Б., Дячун А.Є., Вар'ян А.Р. Синтез гвинтових транспортно-технологічних механізмів з транспортуючими

кожухами. // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві» Харків : 2016. Випуск № 168, С. 149-155.

28. Солоня О.В., Ковбаса В.П., Обґрунтування параметрів робочих органів для укладання внутрішньогрунтових зрошувачів: Монографія. Вінниця: 2020: 155 с.

29. Спосіб завантаження зерна у силос по гвинтовому каналу: пат. 151150, Україна: B65G 65/32 (2006.01), A01R 25/18 (2006.01) / В. М. Арендаренко, Т. В. Самойленко, О. М. Іванов, А. В. Антоненко, Л. О. Флегантов ; володілець Полтавський державний аграрний університет. № u202200167; заявл. 17.01.2022; опубл. 08.06.2022, Бюл. № 23. 2 с.

30. Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв. Лабораторний практикум для студентів інженерних спеціальностей / І. М. Бендера, О. М. Семенов, О. Я. Стрельчук, В. В. Підлісний. Кам'янець—Подільський : Абетка, 2008. 120 с.

31. Технологія та проектування елеваторів : навч. посібник / О. І. Шаповаленко, О. О. Євтушенко, Т. І. Янюк, В. А. Почеп ; за ред. О. І. Шаповаленко ; Національний університет харчових технологій. Херсон : Олді-плюс, 2015. 416 с.

32. Ялпачик В. Ф., Буденко С. Ф., Ялпачик Ф. Ю., та ін.. Розрахунок обладнання харчових виробництв: Навчальний посібник. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 264 с.

33. <https://tehnomashstroy.com.ua/ua/g53776569-shnekovye-konvejery-shneki>

34. <https://sites.google.com/view/impnmcptosumy/>

35. <https://kmzindustries.ua/elevators/zavantazhennya-zerna-v-silos>

36. <https://lubnymash.com/u13-bksh-2>

37. <https://www.packaging.com.ua/>

38. <https://riela.com.ua/2020/06/17/>

39. <https://agrimon.com.ua/silosy>

40. <https://mysilo.com.ua/mediatsentr/>